

---

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

---

УДК 621.165

М.М. ЛЕВИН\*, акад. Инж. акад. Украины, Н.И. МАМОНТОВ\*, чл.-корр.  
Инж. акад. Украины, О.М. КОБЦЕВ\*, Т.Н. ПУГАЧЕВА\*\*, инженеры

*\*Филиал Харьковское Центральное Конструкторское Бюро «Энергопрогресс»  
ООО «Котлотурбопром»*

*\*\*Украинская инженерно-педагогическая академия*

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СХЕМЫ ОТСОСА И ПОДАЧИ ПАРА НА КОНЦЕВЫЕ  
УПЛОТНЕНИЯ ТУРБИНЫ К-200-130 ЛМЗ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭКОНОМИЧНОСТИ, МАНЕВРЕННОСТИ И НАДЕЖНОСТИ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Харківським ЦКБ «Енергопрогрес» розроблено та впроваджено модернізацію системи кінцевих ущільнень турбіни К-200-130 ЛМЗ.

Модернізація системи кінцевих ущільнень спрямована на виключення пропарювання і, як наслідок, обводнення олії. В обсязі модернізації застосовано також охолодження високотемпературного кінця ротору середнього тиску більш холодним паром з низькотемпературних ущільнень. Модернізована система кінцевих ущільнень дозволяє зменшити термонапружений стан металу ротора, тріщиноутворення і підвищити ресурс роботи турбіни.

При реконструкції зростає надійність, маневреність та економічність роботи системи ущільнень, а також автоматизується процес управління системою ущільнень при роботі турбіни на стаціонарних та перехідних режимах.

CDB Energoprogress (Kharkov, Ukraine) has developed and introduced modernization of the K-200-130 LMZ turbine end compactions system.

The modernization of the K-200-130 LMZ turbine end compactions system directed at steaming exclusion and as result oil supplying with water. Also there is applied cooling of the middle pressure rotor's high temperature end by cooler steam from the low-temperature compactions. Modernized scheme of the end compactions permits to decrease rotor metal thermostressed state, cracking and increase turbine service life .

Reconstruction increases reliability, mobility and efficiency of compactions system and also control process of compactions system is automated during the turbine work on stationary and transient modes.

В процессе эксплуатации турбин К-200-130 ЛМЗ, установленных на ТЭС Украины, выявились недостаточная надёжность работы системы подачи и отсосов пара из концевых уплотнений, которая выражается в пропаривании, обводнении масла, короблении каминных камер ЦСД и ЦНД (рис. 1). Недостаточное количество уплотнительных колец в крайних камерах со стороны атмосферы и малая пропускная способность трубопроводов отсоса из этих камер способствует, по мере износа уплотнительных гребней, «пробиванию» пара через уплотнения.

Кроме того, отсутствие внутреннего цилиндра обуславливает работу передних уплотнений с высокими температурами, особенно в ЦСД, где температура пара составляет 500-520 °С. Такой режим работы приводит к повышенным термическим напряжениям и способствует трещинообразованию на этих участках роторов.

Расчетные исследования, проведенные как в ХЦКБ, так и ведущими энергетическими институтами, показывают, что снижение уровня рабочих температур металла термонапряженных участков роторов благоприятно сказывается на их длительной прочности и сроке службы металла. Так, снижение температуры с 500-520 °С до 440-450 °С позволяет увеличить допустимое число циклов примерно в 7

раз, а срок службы – в 1,5-2 раза [1]. Кроме того, снижение температур ротора улучшает маневренные характеристики турбоагрегата [2-4].

Для устранения указанных дефектов были разработаны технические решения, позволяющие при минимальном объеме демонтажно-монтажных работ повысить надежность, маневренность и экономичность работы системы уплотнений, а также автоматизировать процесс управления системой уплотнений при работе турбины на стационарном и переходных режимах.

Реконструированная схема концевых уплотнений приведена на рис. 2.

Основные принципы реконструкции заключаются в следующем.

Организуется два коллектора подачи (ВД и НД) отдельно на высокотемпературные концы роторов (ЦВД и ПКУ ЦСД) и на низкотемпературные (ЗКУ ЦСД и ЦНД). При этом, на высокотемпературных концах используется принцип «самоуплотнения», т.е. при стационарном режиме работы турбины из всех камер уплотнений ЦВД и ПКУ ЦСД осуществляется отсос пара. Подача на эти уплотнения производится только при пусках, остановках и сбросах нагрузки.

В качестве коллектора подачи-отсоса ВД используется трубопровод вакуумного отсоса пара на ПН-100. Из бывших камер подачи этих уплотнений организуется дополнительный отсос паровоздушной смеси в ПС-50.

Учитывая существующую высокую температуру пара в коллекторе на ПН-100 и во избежание попадания его на «холодный» конец ротора ЦСД при снижении нагрузки турбины, первую камеру ЗКУ ЦСД необходимо отсоединить от коллектора ВД, а соединить с коллектором подачи НД. При этом подача пара на ЗКУ ЦСД переносится в бывшую камеру вакуумного отсоса, а сам вакуумный отсос ликвидируется, тем самым исключая перетоки горячего пара через коллектор ПН-100 с высокотемпературных концов на низкотемпературный (ЗКУ ЦСД).

Подача и отсосы в камерах концевых уплотнений ЦНД остаются без изменений, однако с целью улучшения условий отсоса паровоздушной смеси в каминных камерах ЦНД выполняются дополнительные линии отсоса из нижних половин.

Отсос паровоздушной смеси целесообразно производить из двух крайних каминных камер концевых уплотнений ЦВД и ЦСД без какой-либо дополнительной обработки этих камер, что упрощает и уменьшает объем работ при реконструкции.

В объеме модернизации применено также охлаждение высокотемпературного конца ротора среднего давления более холодным паром из низкотемпературных уплотнений.

Из-за высокой температуры ротора ЦСД может происходить коробление деталей этих уплотнений, приводящее к пропариванию либо присосам воздуха, шлакование масла в зоне масляных уплотнений второго подшипника, приводящее к абразивному износу шеек роторов, а также к повышенному термонапряженному состоянию металла ротора, приводящего к трещинообразованию и снижению ресурса работы.

Модернизированная система концевых уплотнений позволяет снизить уровень температур в зоне этих уплотнений с 500 °С до 400-430 °С.

Для обеспечения возможности работы ПКУ ЦСД реконструированной системы уплотнений с пониженной температурой, необходимо выполнить подачу охлаждающего пара в первую камеру («П») ПКУ ЦСД.

Наиболее приемлемым источником пара по температуре и удобству регулирования является линия отсоса пара из камеры «Б» ПКУ ЦВД в «холодный» промперегрев. Температура отсасываемого из камеры «Б» пара составляет 450-460 °С.

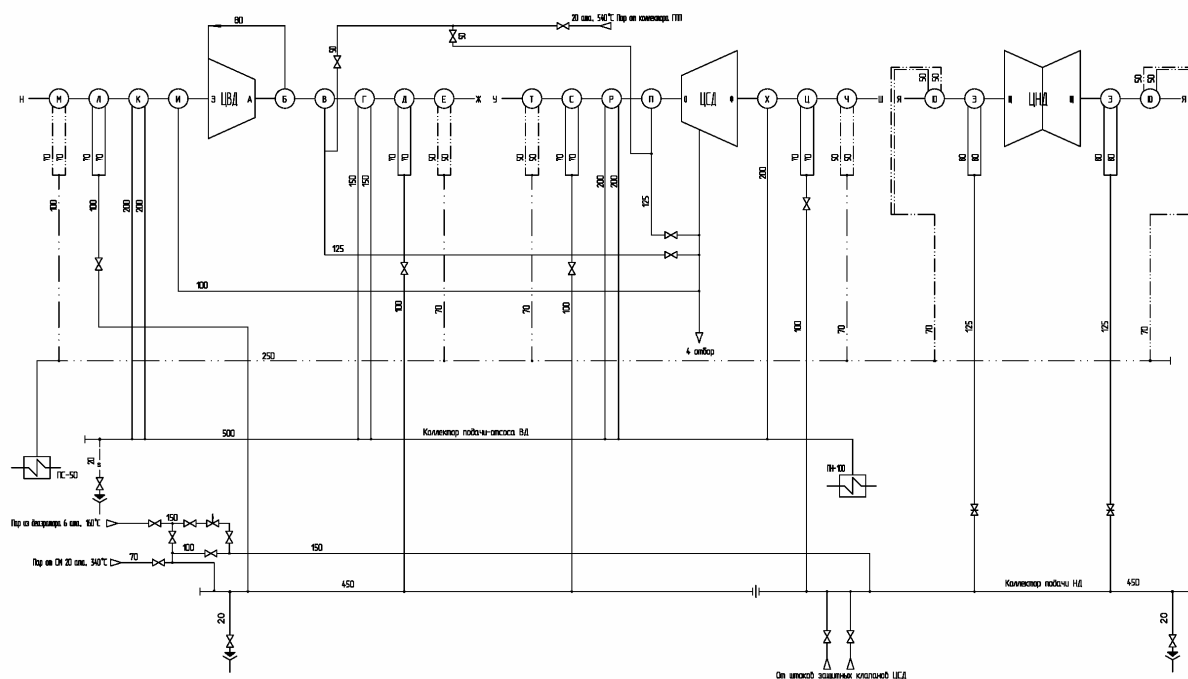


Рис. 1. Принципиальная схема отсоса пара из концевых уплотнений турбины К-200-130 ЛМЗ до модернизации

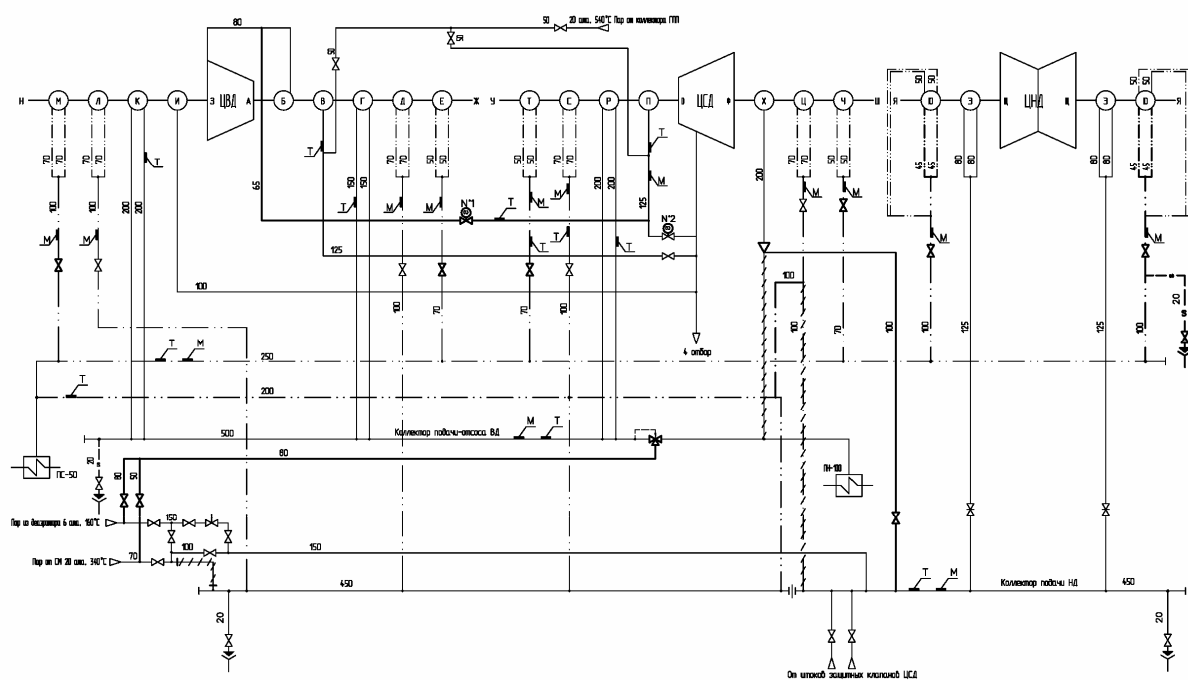


Рис. 2. Принципиальная схема отсоса пара из концевых уплотнений турбины К-200-130 ЛМЗ после модернизации

На трубопроводе подачи «охлаждающего» пара устанавливается отключающая задвижка (№ 1), которая должна быть заблокирована с существующей задвижкой (№ 2) на трубопроводе отсоса из камеры «П» так, чтобы одновременно они не могли быть

открыты. Это необходимо во избежание разгона турбины при сбросе нагрузки паром из ХПП через 4-й отбор.

С целью перераспределения протечек пара из камеры «П» в проточную часть ЦСД и в ПН-100 (увеличить в ЦСД и уменьшить, во избежание перегрузки, в ПН-100), обоймы уплотнений ПКУ ЦСД после соответствующей обработки меняются местами.

Эффективность применения схемы «самоуплотнения» общеизвестна и заключается в уменьшении расхода пара на уплотнения высокотемпературных концов роторов на 2,5-3 т/ч, что дает дополнительную выработку 350-400 кВт электрической мощности.

Кроме того, при модернизации происходит некоторое перераспределение нагрева основного конденсата в ПН-100 и ПНД-2 с увеличением доли ПН-100 и уменьшением доли ПНД-2, что, за счет уменьшения расхода пара в ПНД-2 из 6 отбора турбины, приводит к дополнительной выработке электрической мощности вытесненным паром.

Кроме прямой экономичности, модернизация системы концевых уплотнений направлена на исключение пропаривания и, как следствие, обводнения масла, что также является фактором надежности и экономичности работы турбины, т.к. при обводнении масла имеют место постоянные расходы на центрифуги и замену некачественного масла.

Пилотное внедрение модернизированной схемы концевых уплотнений турбины К-200-130 ЛМЗ, наладка и опытные испытания выполнены на Луганской ТЭС.

Результаты внедрения позволяют сделать следующие выводы:

1. Модернизированная система концевых уплотнений работает надежно в широком диапазоне режимов.
2. Пропаривание и обводнение масла на энергоблоке полностью ликвидируется.
3. Автоматизация работы системы концевых уплотнений заметно облегчает работу операторов и другого обслуживающего персонала.
4. Температура пара и, соответственно, ротора среднего давления снижается до 400-440 °С, что позволит при продлении ресурса работы турбины сверх паркового увеличить число циклов нагружения в 6-7 раз.

#### Литература

1. Хоменок Л. А. Повышение эффективности эксплуатации паротурбинных установок ТЭС и АЭС. Часть 5. Повышение надежности и продления ресурса роторов паровых турбин / Л. А. Хоменок, А. Н. Ремезов, И. А. Ковалев и др. – Санкт-Петербург, 2000.
2. ТИ-1173. Результаты расчетных исследований паркового ресурса и живучести роторов и корпусов ЦВД и ЦСД турбин блоков 160, 200 и 300 МВт. 1995.
3. ТИ-1196. Анализ условий эксплуатации, повреждаемости и свойств металла, расчетная оценка ресурса с целью обоснования принципиальной возможности продления срока эксплуатации ЦВД и ЦСД турбин К-200-130 ЛМЗ Змиевской ТЭС.
4. ТИ-1088. Комплексное технико-экономическое исследование возможности и целесообразности продления полного ресурса турбоустановок К-200-130 ЛМЗ ТЭС Украины. Итоговый отчет. 30.11.93.

© Левин М.М., Мамонтов Н.И., Кобцев О.М., Пугачева Т.Н., 2007